

负压磁头气动力静态特性

傅仙罗 王凌志

中国科学院力学研究所, 北京 100080

THE STATIC CHARACTERISTICS OF GASDYNAMIC FORCES OF ZERO-LOAD MAGNETIC HEAD

Fu Xianluo Wang Lingzhi

Institute of Mechanics, Academia Sinica, Beijing 100080

进入90年代,由于技术进步和技术竞争,磁记录技术又有了飞速的发展,磁盘仍将保持其在计算机外存储器中的主导地位。目前磁盘的面密度已达每平方英寸2000兆位,实现如此高的面密度,在磁头方面除了改进结构采用新型的磁阻/感应式薄膜磁头外,降低飞行高度即减少头盘间隙也是一种重要手段,目前高密度磁盘的磁头飞行高度已达0.05微米。

在减少飞行高度的过程中,要保证空气膜具有较高的刚度,同时滑块的负荷应尽可能小。但一般而言,气膜的刚度与滑块的负荷成正比关系,因此以前设计的磁头浮动滑块很难兼顾这两方面的要求。1974年, Garnier, Tang 和 White 设计了一种新型磁头滑块,称为零负荷磁头滑块或负压滑块,它同时具有滑块轻负荷和气膜高刚度两种性能,是一种理想的磁头滑块。

目前,绝大多数的滑块轴承的设计工作是通过数值求解 Reynolds 润滑方程来实现和优化的。不论是用有限差分法还是用有限元法,都希望算法能包括磁头运行的所有可能的工作状态,并能够分析出磁头的几何形状,姿态和运行速度等参数变化对磁头气动力特性的影响。

本文用有限差分法离散 Reynolds 润滑方程,采用交替方向隐式格式(ADI)求解离散得到的代数方程组,计算出了负压滑块的静态气动力特性并与文献[1]作了比较。所编制的程序具有使用灵活,应用范围广等特点,而且可以比较容易地推广到动态气动力特性的计算。

非定常 Reynolds 润滑方程为:

$$\text{Grad}(h^3 p \text{ Grad} p) + 6\lambda_0 p_0 \text{ Grad}(h^2 \text{ Grad} p) = 6\mu \bar{V} \cdot \text{Grad} p h + 12\mu \frac{\partial(ph)}{\partial t}$$

本文1991年5月7日收到。傅仙罗,副研究员,主要从事气体润滑理论的研究。王凌志,主要从事计算流体力学方面的研究。

其中: p 是气膜压强, h 是气膜厚度, p_0 为环境压强, λ_0 为一个大气压下的空气分子平均自由程, μ 是空气的动力粘性系数, \bar{v} 为磁盘运动速度矢量。

采用 Grank-Nicolson 差分格式, 对方程离散后求解。由于采用了隐式格式, 消除了数值不稳定问题, 时间步长 Δt 的选取只要满足精度要求而不再有稳定性方面的限制, 并且该方法可以用于动态问题的计算。本文中静态问题的解是作为初值问题的渐近极限求得的, 这种求解方法更符合实际物理过程, 因而要优于其它的直接求解定常 Reynolds 方程的解法。

由于负压滑块中存在着物体形状的陡变, 因而气膜厚度及气膜压强在陡变区中具有很大的梯度, 容易造成计算中收敛速度慢甚至结果发散等问题。本文作者通过理论分析和数值实验, 选取了一套比较合理的网格划分方案及间断面处理方法, 并结合了优化的算法, 使得本程序具有较快的收敛速度和较好的数值稳定性, 在压缩数很大时仍可得到收敛的数值结果, 这对于未来新型磁头外型的设计和选型具有重要意义。

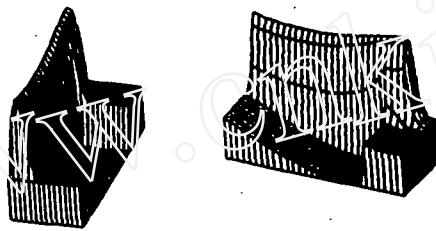


图 1 负压滑块压强分布

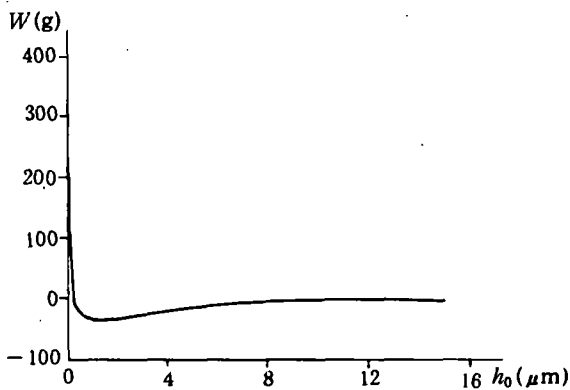


图 2 压力载荷 W 随最小气膜厚度 h_0 的变化

为了验证本算法的有效性, 计算了一个负压滑块静态气动力特性的例子, 该滑块的形状及几何尺寸见图 1, 在本计算中所用的参数如下:

大气压强 p_0	$1.0135 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
空气动力粘性系数 μ	$1.806 \times 10^{-5} \text{ N} \cdot \text{s/m}^2$
空气分子平均自由程 λ_0	$0.0635 \text{ } \mu\text{m}$
磁盘 x 方向运动速度 V_x	40.64 m/s
滑块尾缘处气膜厚度 h_0	$0.2296 \text{ } \mu\text{m}$
滑块仰角 α	$50.5 \text{ } \mu\text{rad}$

负压滑块是由两条 T-F 形状的外轨与中心后台阶凹陷区组成的。从计算出的压强分布来看(见图 1),沿外轨分布的压强均大于环境压强,由于外轨头部的斜坡存在,空气气膜受到压缩,压强迅速上升到最大值,在外轨中部压强有所下降,其原因在于有空气从外轨的侧面溢出。在中心区,空气气流越过台阶进入凹陷区,由于这一空气膨胀过程,使得凹陷区内空气压强迅速降低从而形成一个负压区。

本文计算出的压强分布结果见图 1,计算出的压力载荷为 2.18 克。

本文还计算了该负压滑块的压力载荷随最小气膜厚度 h_0 的变化规律(见图 2)。其中 h_0 的变化范围为 $0.005 \mu\text{m} \sim 15 \mu\text{m}$ 。从图中可以看出,在 $h_0 < 0.2 \mu\text{m}$ 的范围内,随着 h_0 的减小,压力载荷迅速增加,并且产生的是升力,在 $h_0 > 0.25 \mu\text{m}$ 的范围内,形成了负的压力载荷,即吸力。在 $h_0 = 0.25 \mu\text{m} \sim 1 \mu\text{m}$ 的范围内,随着 h_0 的增加,这一负压载荷也在增加,在 $h_0 > 1 \mu\text{m}$ 的范围内,负压载荷则随着 h_0 的增加而逐渐减小。

另外还利用本程序计算了压力载荷 W 随负压腔深度 ε 的变化规律,计算结果见图 3 (h_0 取 $0.2296 \mu\text{m}$)。从图中可以看出,随 ε 的增加,压力载荷呈正—负—正的变化趋势。

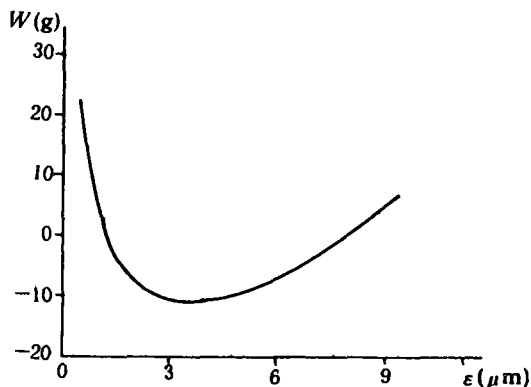


图 3 压力载荷 W 随负压腔深度 ε 的变化

与文献[1]的结果进行比较,两者结论相符合。

参 考 文 献

- [1] White, J. W., Flying characteristics of the zero-load slider bearing, *Journal of Lubrication Technology*, 1983, 105(7).